

Wozu brauchen wir die CCS-Technologie?

## Da kocht was hoch

Von Samuel Höller, Daniel Vallentin und Andrea Esken

**Bis vor wenigen Jahren diskutierten vor allem Energieversorger und Umweltverbände über die Abscheidung und Lagerung von CO<sub>2</sub>. Mittlerweile ist die öffentliche Wahrnehmung von CCS gestiegen. Dabei dürfte die umstrittene Technologie für Deutschlands Kraftwerke weit weniger bedeutsam sein als für energiehungrige Schwellenländer.**

duktion eingehalten werden. Eine Option, fossile Energie weiterhin zu nutzen und dennoch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu mindern, ist die Abscheidung und Lagerung von CO<sub>2</sub> (Carbon Dioxide Capture and Storage, CCS). Dabei wird CO<sub>2</sub> an großen Punktquellen abgetrennt, verflüssigt, zu geeigneten Ablagerungsstätten transportiert und schließlich dort unterirdisch eingespeist. Bislang wird CCS primär für kohlebasierte Großkraftwerke diskutiert, die Technologie könnte jedoch auch bei industriellen CO<sub>2</sub>-Quellen, beispielsweise in der Stahl- oder der Zementindustrie, eingesetzt werden (vgl. S. 20 ff.). Große Punktquellen in Deutschland sind für etwa die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. CCS setzt also grundsätzlich an einem Segment an, in dem substanzielle CO<sub>2</sub>-Reduktionen gefordert sind. Allerdings ist die CCS-Technologie höchst umstritten. Nicht nur Wissenschaftler(innen) verweisen auf die hohe Kosten- und Energieintensität sowie den hohen strukturellen Aufwand für den Aufbau eines Pipelinesetzes zum CO<sub>2</sub>-Transport. Zudem ist noch unsicher, wie viel Platz im Untergrund für die Lagerung von CO<sub>2</sub> verfügbar ist. Mögliche Sicherheits- und Umweltrisiken der CO<sub>2</sub>-Speicherung haben in der Umgebung potenzieller CO<sub>2</sub>-Lager, die in Deutschland in Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Brandenburg konzentriert sind, massive Proteste der Bevölkerung vor Ort hervorgerufen (vgl. S. 47 ff.). Unterstützt wird diese Haltung durch die schleswig-holsteinische Landesregierung, die CO<sub>2</sub>-Lagerung auf ihrem Landesgebiet ablehnt. Die geringe öffentliche Akzep-

tanz in den Lagerregionen stellt sich als wichtiges Hemmnis bei der Umsetzung von CCS in Deutschland heraus.

### Positionen differenzieren sich

Gleichzeitig erhöht sich die öffentliche Wahrnehmung dieser Technologie, zu erkennen ist dies an einem sich verbreiternden Spektrum der an der Diskussion beteiligten Akteure. So waren es im Jahr 2007 noch hauptsächlich Energieversorger und Umweltorganisationen, die sich mit CCS beschäftigten. Medien berichteten selten und eher kurz über politische und wirtschaftliche Aussagen zu CCS-Technologien. Dagegen findet man heute auch in der Berichterstattung zahlreiche Positionen und Stellungnahmen aus unterschiedlichen sozialen, wirtschaftlichen und politischen Lagern. Dies lässt sich unter anderem auf die seit gut anderthalb Jahren anhaltende politische Diskussion über ein Gesetz zur rechtlichen Regelung der unterirdischen CO<sub>2</sub>-Ablagerung zurückführen. Insbesondere haben aber erste Arbeiten zur Erforschung möglicher Ablagerungsformationen und die erwähnten lokalen Widerstände dagegen die öffentliche Aufmerksamkeit auf das Thema CCS gelenkt. Die im Fokus stehenden Themen und Fragen sind überdies deutlich differenzierter. Wurde vor drei Jahren hauptsächlich über die wirtschaftliche und technische Machbarkeit der Technologie diskutiert, so kommen inzwischen weitergehende Aspekte hinzu, wie etwa mögliche Nutzungskonkurrenzen mit anderen Technologien oder Haftungsfragen (vgl. S. 23 ff. und 37 ff.). Außerdem werden zu-

\_\_\_\_\_ Fossile Energieträger spielen nach wie vor eine zentrale Rolle in Deutschland. Doch werden diese zukünftig an Bedeutung verlieren, sollen das Ziel der Bundesregierung, die Treibhausgase bis zum Jahr 2050 auf 80 bis 95 Prozent gegenüber 1990 zu vermindern, und ihre internationalen Verpflichtungen zur Re-

## Neues Denken, neue Chancen

Charismatisch, humorvoll und ungemein inspirierend – so beschreiben begeisterte Zuhörer den Redner Hans-Peter Dürr. In seinem Buch macht er konkrete Handlungsvorschläge für gesellschaftlichen Wandel und eine neue Weltsicht. Eine DVD mit Videoaufnahmen des Autors bereichert die vorliegende Sonderedition. Dürr bezieht darin Stellung zu den großen Themen seines Lebens.

H.-P. Dürr

**Warum es ums Ganze geht**  
Neues Denken für eine Welt im Umbruch

189 Seiten, Sonderedition mit Film-DVD, Hardcover mit Schutzumschlag, 24,90 EUR, ISBN 978-3-86581-220-9

**oekom**

Die guten Seiten der Zukunft

Erhältlich bei [www.oekom.de](http://www.oekom.de)  
[kontakt@oekom.de](mailto:kontakt@oekom.de)



nehmend Nutzungsmöglichkeiten für CCS jenseits des Stromsektors, also in der Industrie oder bei Biomasseanlagen, in Betracht gezogen. (1)

Die schwarz-gelbe Bundesregierung unterstützt in ihrem im Oktober 2010 veröffentlichten Energiekonzept die Erprobung und gegebenenfalls Nutzung der CCS-Technologie in Deutschland. Sie betrachtet diese als wichtige Option zur CO<sub>2</sub>-Minderung bei Kohlekraftwerken und in der energieintensiven Industrie, zu der die Chemie-, Stahl-, Kalk- oder Zementindustrie sowie Raffinerien gehören. Bis 2020 sollen zwei der zwölf von der EU geförderten CCS-Demonstrationsvorhaben mit dauerhafter Ablagerung von CO<sub>2</sub> in Deutschland gebaut werden. Darüber hinaus ist ein Ablagerungsprojekt für industrielle Emissionen, etwa ein Gemeinschaftsprojekt für Industrie-Biomasse-CO<sub>2</sub>, geplant. Auf Grundlage dieser Demonstrationsprojekte will die Politik dann über eine mögliche Kommerzialisierung der CCS-Technologie entscheiden. Den rechtlichen Rahmen für diese Vorhaben soll das CCS-Gesetz bilden, zu dem Bundesumwelt- und Bundeswirtschaftsministerium im Juli 2010 gemeinsam einen Entwurf vorlegten. Dieser basiert auf der sogenannten CCS-Richtlinie der Europäischen Kommission, die spätestens bis zum 25. Juni 2011 in nationales Recht umgesetzt werden muss (vgl. S. 27 ff.).

Die Rolle von CCS im Energiekonzept der Bundesregierung leitet sich von Energieszenarien ab, die zuvor in ihrem Auftrag erarbeitet wurden. (2) Diese Szenarien nehmen unterschiedliche Laufzeitverlängerungen bestehender Kernkraftwerke und divergierende Nachrüstkosten für diese an. Weiter gehen sie davon aus, dass die Treibhausgasemissionen um 85 Prozent bis 2050 gegenüber 1990 zurückgehen, der Anteil Erneuerbarer am Primärenergieverbrauch auf mehr als 50 Prozent ausgebaut wird und dass sich der Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2050 deutlich verringert. Den Annahmen zufolge wird die Verstromung von Braunkohle bis 2050 nahezu eingestellt; bestehen bleiben noch Steinkohlekraftwerke

mit einer Leistung von 14 bis 15 Gigawatt, die mit Kraft-Wärme-Kopplung und – vornehmlich ab 2030 – großteils mit CCS betrieben werden.

Die in diesen Szenarien beschriebene Konstellation bringt jedoch einige systemische Probleme mit sich. So werden Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen vorzugsweise in der Nähe von dicht besiedelten Gebieten errichtet, wo die Nachfrage nach Fernwärme am größten ist. Dort dürfte sich das Akzeptanzproblem für den Abtransport von abgeschiedenem CO<sub>2</sub> verschärfen. Zudem ist in den Städten meist kein zusätzlicher Platz für die Errichtung der CO<sub>2</sub>-Abscheideanlagen vorhanden. Der in den Szenarien vorgesehene massive Ausbau der erneuerbaren Energien erfordert überdies flexible Kraftwerkskapazitäten, um die fluktuierende Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energiequellen auszugleichen. Steinkohlekraftwerke sind hierfür deutlich schlechter geeignet als Gaskraftwerke, deren Bruttostromerzeugung in den Szenarien bis 2050 jedoch auf null heruntergefahren wird.

### Umweltwirkungen relativieren Minderungspotenzial

Der mittel- bis langfristige Weiterbetrieb von Kernkraftwerken in Kombination mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien dürfte die Volllaststunden der verbleibenden CCS-Kohlekraftwerke überdies deutlich verringern. Das Wuppertal Institut geht in seinem Vergleich von Regenerativen mit der CCS-Technologie davon aus, dass bei einem Ausbau der Erneuerbaren, der deutlich über das Konzept der Bundesregierung hinausgeht, bei steigender Energieeffizienz und einem stetig wachsenden Anteil von Kraft-Wärme-Kopplung die Auslastung der fossilen Kraftwerke bis 2050 auf 3.500 Stunden pro Jahr sinken würde – gegenüber rund 5.616 Stunden im Jahr 2010. Dies würde einen weiteren Anstieg der auf die Kilowattstunde bezogenen Kosten von CCS-Kraftwerken bewirken und die ökonomische Darstellbarkeit der sehr energie- und kapitalintensiven CCS-Technologie zusätzlich erschweren.

„Das Potenzial zur Minderung von Treibhausgasen relativiert sich, betrachtet man die Umweltwirkungen von CCS über den gesamten Lebenszyklus der Anlagen.“

Letztendlich sind es die immensen Kapitalkosten und die hohe Energieintensität von CCS, die neben mangelnder Akzeptanz, systemischen Aspekten und der Verfügbarkeit potenzieller Lagerstätten die Kommerzialisierung von CCS entscheidend einschränken könnten. Die Szenarien des Wuppertal Instituts zeigen: Bei einem fortgesetzt starken Ausbau der erneuerbaren Energien und einer sukzessiven Erhöhung der Effizienz würden sich die Stromgestehungskosten – die Kosten für die Energieumwandlung von einer anderen Energieform in elektrischen Strom – von CCS-Kohlekraftwerken und Erneuerbaren annähern. Einzelne erneuerbare Technologien wie Off- und Onshore-Windkraft oder solarthermische Kraftwerke könnten möglicherweise bereits 2020 mit CCS-Kraftwerken konkurrieren. Sollte die gesamte CCS-Prozesskette erst 2025 bis 2030 zu konkurrenzfähigen Kosten

verfügbar sein, wie zunehmend argumentiert wird, benötigen wir CCS für den Kraftwerksbereich nicht als Brückentechnologie.

Auch das Potenzial zur Minderung von Treibhausgasen relativiert sich, betrachtet man die Umweltwirkungen von CCS über den gesamten Lebenszyklus der Anlagen. So erhöht die CO<sub>2</sub>-Abscheidung den Brennstoffbedarf eines Kohlekraftwerks um 20 bis 35 Prozent. Dies führt dazu, dass auch bei Abscheideraten von 90 Prozent (in Ausnahmefällen bis zu 99 Prozent) netto lediglich eine Treibhausgasminderung von 68 bis 87 Prozent (in den Ausnahmefällen bis zu 95 Prozent) erzielt würde. Im direkten Vergleich weisen die Erneuerbaren unter Berücksichtigung der vor- und nachgelagerten Prozesskette nur einen Bruchteil der Treibhausgasemissionen eines CCS-Kraftwerks auf. Zudem verstärkt sich eine Vielzahl

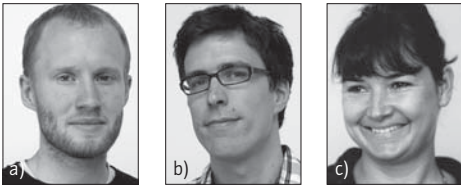
anderer Umweltwirkungen, bedingt durch den Mehrverbrauch an Kohle, teilweise erheblich (vgl. S. 56 ff.).

### **Negative Emissionen durch Biomasse**

Aufgrund der beschriebenen einschränkenden Faktoren ist die CCS-Technologie für den deutschen Kraftwerksbereich nur von begrenzter Relevanz. Eine größere Bedeutung könnte diese Technologie jedoch für die Vermeidung von prozessbedingten Emissionen aus der Industrie haben (vgl. S. 20 ff.). Im Gegensatz zum Kraftwerksbereich gibt es für diesen Sektor über Effizienzgewinne hinaus kaum CO<sub>2</sub>-Minderungsalternativen. (3) Daran sollte weiter geforscht werden, ebenso an der Kopplung von CCS mit der Energiegewinnung aus Biomasse. Denn hier ließen sich negative Emissionen erzielen, da die Pflanzen zum Wachsen CO<sub>2</sub> aus der



– Nicht nur Kohlekraftwerke, sondern auch die Schornsteine von Industrieanlagen wie dem Dormagener Chemiepark emittieren CO<sub>2</sub>. Für deren CO<sub>2</sub>-Reduktion dürfte die CCS-Technologie eine größere Bedeutung haben als für die Kraftwerke.



### Wie trennen Sie sich vom CO<sub>2</sub>?

- a) Durch Trinken von Leitungswasser. Damit bleibt das CO<sub>2</sub> in der Flasche.  
b) Ich warte geduldig auf die Bahn.

### Zu den Autoren, zur Autorin

- a) Samuel Höller, geb. 1981, studierte Angewandte Umweltwissenschaften. Sein Arbeitsschwerpunkt als wiss. Mitarbeiter am Wuppertal Institut ist die geologische Ablagerung von CO<sub>2</sub>.  
b) Daniel Vallentin, geb. 1980, hat Technological and Socio-Economic Planning studiert und in Politikwissenschaft promoviert. Am Wuppertal Institut beschäftigt er sich insbesondere mit der politischen und akteursbezogenen Bewertung von CCS.  
c) Andrea Esken, geb. 1967, studierte Angewandte Ökologie. Am Wuppertal Institut arbeitet sie zu Umweltwirkungen und Akzeptanzstudien im Themenbereich CCS.

### Kontakt

Samuel Höller, Dr. Daniel Vallentin, Andrea Esken  
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt,  
Energie GmbH  
Forschungsgruppe Zukünftige Energie- und  
Mobilitätsstrukturen  
Döppersberg 19  
D-42103 Wuppertal  
Fon ++49/(0)30/28 09 -5463,  
Fon ++49/(0)202/24 92 -309, -140  
E-Mail samuel.hoeller@wupperinst.org,  
daniel.vallentin@wupperinst.org,  
andrea.esken@wupperinst.org  
www.wupperinst.org/CCS

Atmosphäre aufnehmen, welches bei der energetischen Verbrennung aufgefangen und durch die unterirdische Ablagerung dem System entzogen würde. Diese Möglichkeit wird insbesondere relevant, wenn mittelfristig der globale CO<sub>2</sub>-Ausstoß nicht ausreichend gesenkt wird und somit langfristig massive Reduktionen notwendig sind, um das Zwei-Grad-Ziel noch zu erreichen.

### Absinkende Ölförderquote abfedern

Neben den eingeschränkten Nutzungsmöglichkeiten von CCS in Deutschland könnte die Technologie jedoch auf internationaler Ebene von erhöhter Relevanz sein. Dies gilt insbesondere für aufstrebende Schwellenländer wie China oder Indien mit stark wachsender Energienachfrage und großen Kohlevorkommen. Bevor man jedoch auf mögliche zukünftige Absatzmärkte setzt, müsste zunächst ermittelt werden, ob es in diesen Ländern tatsächlich ein relevantes Potenzial für den Einsatz von CCS gibt. Denn insbesondere hinsichtlich des Ablagerungspotenzials bestehen noch sehr große Unsicherheiten. Darüber hinaus stehen politische Entscheidungsträger(innen) dieser Länder der Technologie aufgrund ihrer hohen Energieintensität skeptisch gegenüber.

Dagegen kann man sich dort den Einsatz von CO<sub>2</sub> zur erhöhten Ölförderung, im Englischen spricht man von Enhanced Oil Recovery, als vorrangiges Einsatzgebiet von CCS vorstellen. Dabei wird das Treibhausgas in ein Ölfeld gepumpt, um die Ausbeute zu steigern (vgl. S. 16 ff.). Diese Option ist wirtschaftlich attraktiv und wird in den USA seit 30 Jahren erprobt. Jedoch nutzen die Energieversorger dort bislang natürliche CO<sub>2</sub>-Quellen. Da die Förderung der unterirdischen CO<sub>2</sub>-Reservoirs kostspielig ist und zusätzliches Kohlendioxid in die Atmosphäre entlässt, ließen sich stattdessen von großen Punktquellen abgeschiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen verpressen. Auch in der Öl- und Gasindustrie der Nordsee wird der Einsatz von CO<sub>2</sub> erwogen, um die absinkende Förder-

quote abzufedern. In größerem Maßstab durchgeführt könnte dort ein CO<sub>2</sub>-Pipelinennetz entstehen, das für eine spätere CO<sub>2</sub>-Ablagerung nutzbar wäre. Allerdings ist der Klimaschutzgewinn der zusätzlichen Ölförderung zu bezweifeln: Da nur ein geringer Teil des injizierten Treibhausgases im Untergrund verbleibt, aber ein Mehr an Öl respektive Erdgas gefördert und verbrannt wird, ergibt sich netto ein negativer Klimaeffekt. (4) Die Menge an CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre würde sich demnach sogar erhöhen.

Jenseits der kostengünstigen Ölförderung ohne klimapolitischen Nutzen bedarf es starker politischer Anreize und Subventionen, wenn CCS international als wirksame Klimatechnologie etabliert werden soll. Als zentrales Instrument hierfür gilt der Handel mit CO<sub>2</sub>-Zertifikaten, der im Januar 2005 in der Europäischen Union eingeführt wurde. Er veranlasst die Betreiber von Kohlekraftwerken in Europa, Ideen zu entwickeln, die CO<sub>2</sub>-Emissionen kosteneffizient zu reduzieren. Zur Verstärkung dieses Effekts hat die EU aus dem Emissionshandel 300 Millionen Zertifikate für die Förderung von Demonstrationsprojekten aus dem Bereich erneuerbarer Energien und bis zu zwölf CCS-Demonstrationsanlagen bereitgestellt. Es bleibt abzuwarten, ob dadurch der Technologieentwicklung der entscheidende Schub versetzt wird und welche Technologieoptionen letztlich erfolgreich in den Markt eingeführt werden. —

### Anmerkungen

- (1) Bundesumweltministerium (2010): RECCS plus – Regenerative Energien (RE) im Vergleich mit CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Ablagerung (CCS). Update und Erweiterung der RECCS-Studie. Studie des Wuppertal Instituts im Auftrag des Bundesumweltministeriums. Berlin.
- (2) Prognos AG/Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln/Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Projekt Nr. 12/10 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Berlin.
- (3) Luhmann, Jochen: CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Lagerung bei Kohlekraftwerken. Kein Beitrag zur Lösung des Klimaproblems. In: GAIA 4/2009, S. 294-299.
- (4) Jaramillo, Paulina/Griffin, Michael/McCoy, Sean: Life Cycle Inventory of CO<sub>2</sub> in an Enhanced Oil Recovery System. In: Environmental Science & Technology, 21/2009, S. 8027-8032.